

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-057462

(43)Date of publication of application : 27.02.2001

(51)Int.Cl. H01S 5/323

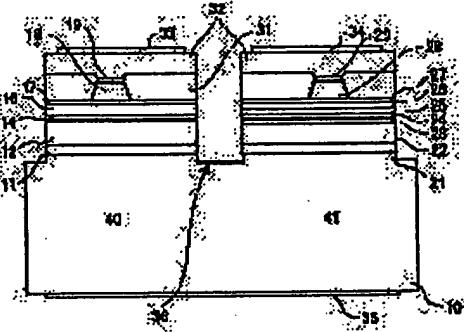
(21)Application number : 11-231042 (71)Applicant : TOSHIBA CORP  
 (22)Date of filing : 18.08.1999 (72)Inventor : KURONAGA KOICHI  
 SHIOZAWA HIDEO  
 TANAKA AKIRA

## (54) SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce the height of band gap discontinuity, and to improve an operating voltage and an operating current by forming an active layer with bulk structure with a specific film thickness at a first laser element, and by forming the active layer with the lamination structure of quantum well and barrier layers in a second laser element.

**SOLUTION:** Laser elements 40 and 41 that have wavelength 780 and 650 nm, respectively, are formed on the same n-type GaAs crystal substrate. In both the laser elements 40 and 41, second p-type cladding layers 18 and 28 are machined to projecting strip called a ridge, and both the sides are buried by a GaAs current element layer 31, thus constricting current flowing into an active layer, and generating strip-shaped gain distribution in the active layer. In this case, an active layer 14 has an undoped layer of AlGaAs with a layer thickness of  $0.01 \mu\text{m}$  or more and 0.1 nm or less, namely, bulk structure, and an active layer 24 is a multi quantum well active layer being composed of the undoped well layer and a barrier layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 31.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



(2)

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】結晶基板と、

前記結晶基板上に設けられ第一の波長のレーザ光を放出する第一のレーザ素子部と、

前記結晶基板上に設けられ第一の波長とは異なる第二波長のレーザ光を放出する第二のレーザ素子部とを有する半導体レーザ装置において、

前記第一のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、膜厚が $0.01\mu\text{m}$ 以上、 $0.1\mu\text{m}$ 以下であるパルク構造の活性層と、レーザの共振方向に沿ったリッジ状ストライプ形状の第二導電型のクラッド層と、この第二導電型のクラッド層の側面部分を覆うよう活性層上に形成された電流阻止層とを有し、

前記第二のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、量子井戸層とバリア層との積層構造からなる活性層と、レーザの共振方向に沿ったリッジ状ストライプ形状の第二導電型のクラッド層と、この第二導電型のクラッド層の側面部分を覆うよう活性層上に形成された電流阻止層とを有することを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】前記第一のレーザ素子において、前記第一導電型のクラッド層と活性層との間に設けられ、前記第一導電型のクラッド層よりもバンドギャップが小さく、活性層よりギャップが大きい化合物半導体による第一の緩和層と、前記第二導電型のクラッド層と活性層との間に設けられ、前記第二導電型のクラッド層よりもバンドギャップが小さく、活性層よりギャップが大きい化合物半導体による第二の緩和層とを更に有することを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ装置。

【請求項3】前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部において、前記第二導電型のクラッド層は共に構成する元素が共通であり、かつ前記電流阻止層は共に構成する元素が共通であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の半導体レーザ装置。

【請求項4】前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部における前記第二導電型のクラッド層は共に、 $\text{In}_y(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{1-y}\text{P}$  ( $0 < x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ ) からなり、前記電流阻止層は共に $\text{GaAs}$ からなることを特徴とする請求項3に記載の半導体レーザ装置。

【請求項5】前記第一のレーザ素子部における活性層は、 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$  ( $0.1 \leq z \leq 1$ ) からなり、前記第二のレーザ素子部における活性層は、 $\text{In}_q\text{Ga}_p\text{P}$  の量子井戸層と $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-q}\text{Al}_q)_{0.5}\text{P}$  ( $0 < q < 1$ ) のバリア層からなることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の半導体レーザ装置。

【請求項6】前記第一の波長と前記第二の波長との中間の波長に対して、光学膜厚が $\lambda/4$ あるいはその奇数倍、 $\lambda/2$ あるいはその整数倍となるいずれかの膜厚を

2

有する膜を少なくとも1層含むコーティング膜を、前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部の端面に形成したことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の半導体レーザ装置。

## 【請求項7】結晶基板と、

前記結晶基板上に設けられ第一の波長のレーザ光を放出する第一のレーザ素子部と、

前記結晶基板上に設けられ第一の波長とは異なる第二波長のレーザ光を放出する第二のレーザ素子部とを有する半導体レーザ装置において、

前記第一のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、膜厚が $0.01\mu\text{m}$ 以上、 $0.1\mu\text{m}$ 以下であるパルク構造の活性層と、この活性層上に設けられた第二導電型のクラッド層とを有し、

前記第二のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、量子井戸層とバリア層との積層構造からなる活性層と、この活性層上に設けられた二導電型のクラッド層とを有することを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項8】前記第一のレーザ素子において、前記第一導電型のクラッド層と活性層との間に設けられ、前記第一導電型のクラッド層よりもバンドギャップが小さく、活性層よりギャップが大きい化合物半導体による第一の緩和層と、前記第二導電型のクラッド層と活性層との間に設けられ、前記第二導電型のクラッド層よりもバンドギャップが小さく、活性層よりギャップが大きい化合物半導体による第二の緩和層とを更に有することを特徴とする請求項7記載の半導体レーザ装置。

【請求項9】前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部において、前記第二導電型のクラッド層は共に構成する元素が共通であることを特徴とする請求項7または請求項8に記載の半導体レーザ装置。

【請求項10】前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部における前記第二導電型のクラッド層は共に、 $\text{In}_y(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{1-y}\text{P}$  ( $0 < x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ ) からなることを特徴とする請求項9に記載の半導体レーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体レーザ、特に異なる波長のレーザ光を一つのチップから出力する多波長半導体レーザ装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光ディスク・システムは、小型で大容量のデータを記録するために、広く実用化されている。特に、DVD (Digital Versatile Disk) システムは、次世代のムービー、ROM、RAMなどの主流システムとして、その実用化が急速に進められている。一方、光ディスクとしては、従来からCD (compact dis

(3)

3

k) システムあるいはCD-R (compact disk-recordable) システムが広く普及しており、DVDシステムは、CDシステムとの互換性を有することが望ましい。すなわち、DVDシステムは、CDやCD-Rのディスクに対してもデータの読み取りや書き込みを実施できるようにする必要がある。これらの光ディスク・システムにおいては、ディスク上に記録された情報の読み出し・書き込みを行なうために、半導体レーザを用いた光ピックアップが用いられる。図9は、従来のDVDシステムの光ピックアップとして提案されているものの典型的な構成を表す説明図である。すなわち、同図の光ピックアップは、CDのディスクに対して互換性を有するものであり、DVD用の光集積ユニット1と、CD及びCD-R用の光集積ユニット2とを有する。DVD用の光集積ユニット1から出射される波長650nmのレーザ光はダイクロック・プリズム3を通過し、集光レンズ4、立ち上げミラー5、波長選択性絞り6、対物レンズ7を経由して光ディスク9に達する。一方、CD用の光集積ユニット2から出射される波長780nmのレーザ光は、プリズム3により反射された後、DVD用の波長650nmレーザ光とほぼ同じ光路をたどり、CDまたはCD-Rディスク8に達する。一方、ディスクからの戻り光は、前述とは逆の光路をたどって、それぞれDVD用またはCD用の集積ユニット1、2に届く。

### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような従来の光ピックアップは、波長650nmのレーザ光及び波長780nmのレーザ光を得るために2個の異なる光集積ユニットが用いられているため、構成が複雑であり、小型軽量化が困難であるという問題を有していた。また、それぞれの光源に対する微妙な位置調整を都度行う煩雑な工程が必須となり、多大な時間を要していた。このような問題を解決するため、本件出願人は、650nm及び780nmの二つの異なる波長のレーザ光を1チップから独立に出力することが可能な、二波長レーザと呼ばれる半導体レーザ装置を発明し、特願平10-181068として出願した。特願平10-181068に開示された半導体レーザ装置の一例を図10に示す。図10の半導体レーザ装置では、二つの波長の異なるレーザ光を出力するため、光軸方向に二つの活性領域を並列に配置している。また、レーザ構造として、p型InGaAsPクラッド層をリッジ型に形成し、リッジの両脇を、クラッド層のV族元素Pと異なるV族元素Asを含有するn型GaAs層で埋め込み、このn型GaAs層が電流阻止領域となって活性層に流れる電流を狭窄すると同時に、活性層よりバンドギャップが狭いGaAs層によってリッジの両脇下部の活性層中を導波する光を吸収して、横モードを单一化するという、Selectively Buried Ridge (SBR) と呼ばれる構造を用いている。

4

【0004】詳細には、いずれのレーザ素子部100、101においても、基板124の上に、n型バッファ層102、112、n型InGaAsPクラッド層103、113、InGaAsP光ガイド層104、114、多重量子井戸活性層105、115、InGaAsP光ガイド層106、116、第1のp型InGaAsPクラッド層107、117、p型InGaAsPエッチングストップ層108、118、第2のp型InGaAsPクラッド層109、119、p型InGaAsP通電容易層110、120、n型電流阻止層123、p型GaAsコンタクト層122がこの順に積層されている。ここで、波長780nmのレーザ素子部100においては、活性層105は、Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>As井戸層とGa<sub>0.65</sub>Al<sub>0.35</sub>As障壁層との多重量子井戸構造を有する。波長650nmのレーザ素子部41においては、活性層115は、In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As井戸層とIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)<sub>0.5</sub>P障壁層との多重量子井戸構造を有する。すなわち、波長780nmの活性層105とクラッド層103、107、109では、お互いに異なるV族元素、すなわちをPとAsを含有し、かつ波長650nmの活性層41とクラッド層22、26、28ではお互いに共通なV族元素Pを含有していた。この構造によつて、素子100と101のクラッド層103、107、109と113、117、119の組成と膜厚、通電容易層110、120の組成と膜厚、および電流阻止層123の組成と膜厚、コンタクト層122の組成と膜厚をすべて共通化することが可能となり、作製工程が非常に容易で、かつ制御精度の高いものとすることができるようになった。

【0005】しかしながら、これによって問題も発生していた。この問題について図11により説明する。図11は、各半導体層の組成、ドーピング濃度、層厚を考慮し、電極に順方向の電圧2.5Vを印加した場合のエネルギー・バンドダイアグラム、フェルミ・レベル・ダイアグラム、および電子電流密度の分布をシミュレーションし、n型クラッド層103からp型第3クラッド層109まで積層方向に沿ってプロットしたものである。n型クラッド層は、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)<sub>0.5</sub>PとしてAl組成を0.7とし、ドーピング濃度は $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚は、ほぼ1μmである。ガイド層、バリア層の組成はアンドープのIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)<sub>0.5</sub>Pとした。活性層は、二重量子井戸 (Double Quantum Well: DQW) で、それぞれ層厚10nmでアンドープのAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As構成されたものとした。p型クラッド層はエッチングストップ層を挟んで二つあるが、いずれも組成はn型クラッド層と同一で、ドーピング濃度は $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とし、トータルの層厚がn型クラッド層と同一になるよう設定している。共振器長は600μmとした。

【0006】図中の伝導帯エネルギー・レベルは、n型クラッド層103と接するInGaAsPガイド層104

(4)

5

と  $\text{AlGaAs}$  井戸層との界面で、井戸の深さに比して 4.5% に達するような大きな突起が生じている。これはエネルギー-bandギャップが大きく異なる半導体が接している場合に生じる、バンドギャップ不連続 (Bandgap discontinuity) と呼ばれる現象である。図 1-1 の場合、 $\text{InGaAlP}$  のエネルギー-bandギャップ (2eV 程度) と  $\text{AlGaAs}$  のバンドギャップ (1.6eV 程度) が大きく異なることによる。また、同様の理由により、二つの  $\text{AlGaAs}$  井戸層底部のエネルギー-レベルが、井戸層の深さに比して 40% 程度と、著しく高さが異なっている。このため、活性層に注入された電子電流が二つの井戸層に対して均一に注入されず、いわゆる不均一注入と呼ばれる状態となっている。これらバンドギャップ不連続と不均一注入によって、電子電流の注入効率は非常に低くなる。上記の場合には活性層における電子電流密度は  $2.80 \text{ A/cm}^2$  となり、レーザ発振に必要な密度とされる数百～数  $\text{kA/cm}^2$  に満たない。通常の  $7.80 \text{ nm}$  帯あるいは  $6.50 \text{ nm}$  のレーザでは  $2.5 \text{ V}$  程度の印加電圧があれば、数  $\text{mW}$  程度のレーザ光出力が得られており、注入効率の低さが理解できる。実際に上記構造で共振器長が  $4.00 \mu\text{m}$  のレーザを試作した結果によると、レーザ発振が起こる電圧は  $2.7 \text{ V}$  以上となる。また、 $5 \text{ mW}$  の光出力が得られる電圧は  $2.8 \text{ V}$  以上となり、シミュレーション結果の傾向と一致した。このように高い電圧でレーザを動作させると、レーザの駆動回路の消費電力が増加することにより、各回路素子の規格が厳しくなってコスト高を招き、かつ、消費電力の増加によって発熱についての対策を行わなければならないなど、回路設計上の大きな問題が生じていた。

【0007】本発明は上記問題点に鑑みてなされたもので、クラッド層と活性層との界面で生じるバンドギャップ不連続の高さを低減し、動作電圧、動作電流の向上を図った半導体レーザを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の半導体レーザ装置は、結晶基板と、前記結晶基板上に設けられ第一の波長のレーザ光を放出する第一のレーザ素子部と、前記結晶基板上に設けられ第一の波長とは異なる第二波長のレーザ光を放出する第二のレーザ素子部とを有する半導体レーザ装置において、前記第一のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、膜厚が  $0.01 \mu\text{m}$  以上、 $0.1 \mu\text{m}$  以下であるバルク構造の活性層と、レーザの共振方向に沿ったリッジ状ストライプ形状の第二導電型のクラッド層と、この第二導電型のクラッド層の側面部分を覆うように活性層上に形成された電流阻止層によって電流阻止領域とし、前記第二のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、量子井戸層とバリア層との積層構造からなる活性層と、この活性層上に設けられた二導電型のクラッド層と有することを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、図 1 乃至図 3 を参照し本発明の第一の実施例を説明する。図 1 は、本発明の第一の実施例に関する発振波長  $7.80 \text{ nm}$  と  $6.50 \text{ nm}$  の二波

6

ッジ状ストライプ形状の第二導電型のクラッド層を有し、この第二導電型のクラッド層の側面部分を覆うよう活性層上に形成された電流阻止層によって電流阻止領域とすることを特徴とする。

【0009】また、前記第一のレーザ素子において、前記第一導電型のクラッド層と活性層との間に設けられ、前記第一導電型のクラッド層よりもバンドギャップが小さく、活性層よりギャップが大きい化合物半導体による第一の緩和層と、前記第二導電型のクラッド層と活性層との間に設けられ、前記第二導電型のクラッド層よりもバンドギャップが小さく、活性層よりギャップが大きい化合物半導体による第二の緩和層とを更に有することを特徴とする。さらに、前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部において、前記第二導電型のクラッド層は共に構成する元素が共通であり、かつ前記電流阻止層は共に構成する元素が共通であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の半導体レーザ装置。さらに、前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部における前記第二導電型のクラッド層は共に、  
 $\text{In}_y(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{1-y}\text{P}$  ( $0 < x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ ) からなり、前記電流阻止層は共に  $\text{GaAs}$  からなることを特徴とする。さらに、前記第一のレーザ素子部における活性層は、 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$  ( $0.1 \leq z \leq 1$ ) からなり、前記第二のレーザ素子部における活性層は、 $\text{In}_n\text{Ga}_p\text{P}$  の量子井戸層と  $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-q}\text{Al}_q)_{0.5}\text{P}$  ( $0 < q < 1$ ) のバリア層からなることを特徴とする。

【0010】さらに、前記第一の波長と前記第二の波長との中間の波長に対して、光学膜厚が  $\lambda/4$  あるいはその奇数倍、 $\lambda/2$  あるいはその整数倍となるいずれかの膜厚を有する膜を少なくとも 1 層含むコーティング膜を、前記第一のレーザ素子部および前記第二のレーザ素子部の端面に形成したことを特徴とする。また、本発明の半導体レーザ装置は、結晶基板と、前記結晶基板上に設けられ第一の波長のレーザ光を放出する第一のレーザ素子部と、前記結晶基板上に設けられ第一の波長とは異なる第二波長のレーザ光を放出する第二のレーザ素子部とを有する半導体レーザ装置において、前記第一のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、膜厚が  $0.01 \mu\text{m}$  以上、 $0.1 \mu\text{m}$  以下であるバルク構造の活性層と、この活性層上に設けられた第二導電型のクラッド層とを有し、前記第二のレーザ素子部は、第一導電型のクラッド層と、この第一導電型のクラッド層上に設けられ、量子井戸層とバリア層との積層構造からなる活性層と、この活性層上に設けられた二導電型のクラッド層と有することを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図 1 乃至図 3 を参照し本発明の第一の実施例を説明する。図 1 は、本発明の第一の実施例に関する発振波長  $7.80 \text{ nm}$  と  $6.50 \text{ nm}$  の二波

(5)

長半導体レーザ素子の構造を示す、リッジストライプに対して垂直な断面図である。図中40が波長780nmのレーザ素子、41が波長650nmのレーザ素子で、同一のn型GaAs結晶基板10上に形成されている。両レーザ素子40、41ぞれぞれ、ともに第2のp型クラッド層18、28が、リッジと呼ばれる凸状ストライプに加工され、両脇をGaAs電流阻止層31で埋め込まれている。この構造により活性層に流れ込む電流が狭窄されて活性層内にストライプ状の利得分布が発生する。また、活性層14よりバンドギャップが小さいGaAs層31によって、リッジ両脇下の活性層中を導波する光のうち第1のp型クラッド層16、26へしみだした部分が吸収されることによって、リッジ両脇下の活性層14、24に部分的な光損失が生じ、横モードが单一となる、擬似的な屈折率導波構造となる。電流狭窄と横モードの単一性によって活性層方向の拡がり角 $\theta_{\perp}$ と水平方向の拡がり角 $\theta_{\parallel}$ の比であるアスペクト比が4以下と小さく押さえられ、また室温で数mWの光出力が得られる電流が数十mAと小さくなり、擬似的な屈折導波構造によってレーザ光の非点収差が10μm程度と小さくなり、CD-ROM、DVD-ROM用光ピックアップ光源に適するレーザが得られる。

【0012】詳細には、波長780nmのレーザ素子40は、n型GaAs基板10の上に、n型バッファ層11、n型InGaAlPクラッド層12、AlGaAs活性層14、第1のp型InGaAlPクラッド層16、p型InGaPエッキングトップ層17、第2のp型InGaAlPクラッド層18、p型InGaP通電容易層19、n型電流阻止層31、p型GaAsコンタクト層32がこの順に積層され構成される。n型クラッド層12は組成をIn0.5(Ga0.3Al0.7)0.5Pとし、層厚は約1μm、シリコンをドーパントとしてドーピング濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上となるようにしている。ドーパントとしてセレン(Se)を用いることも可能である。また、第1のp型クラッド層16および第2のp型クラッド層18は、In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5Pの組成とし、総層厚がn型クラッド層12とほぼ同じとし、出力されるレーザ光の上下方向の光強度分布が軸対称となり、光軸が活性層面と平行となるようにしている。ドーパントは亜鉛が用いられ、ドーピング濃度は約 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上となるようにした。また、マグネシウムやカーボンもドーパントとして用いることができる。

【0013】活性層14は層厚0.01μm以上0.1μm以下のAlGaAsのアンドープ層としており、いわゆるバルク構造と呼ばれる活性層としたことが特徴となっている。次に、この構造による電流注入効率の改善を図2及び図8を参照し説明する。図2は、上記第1の実施の形態による各半導体層の組成、ドーピング濃度、層厚を考慮し、電極に順方向の電圧2.5Vを印加

8

した場合のエネルギー・バンドダイアグラム、フェルミレベルダイアグラム、および電子電流密度の分布をシミュレーションし、n型クラッド層12からp型第2クラッド層18まで積層方向に沿ってプロットしたものである。n型クラッド層は、In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5PとしてAl組成を0.7とし、ドーピング濃度は $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚は約1μmとした。活性層14は層厚0.04μm、組成Al0.15Ga0.85Asのアンドープ層とした。p型クラッド層はエッキングトップ層17を挟んで二つあるが、いずれも組成はn型クラッド層12と同一で、ドーピング濃度は $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とし、トータルの層厚をn型クラッド層と同一に設定している。共振器長は600μmとした。

【0014】図2で示されるn型クラッド層12とAlGaAs活性層14との間に生じているバンドギャップ不連続のスパイク高さは活性層のエネルギー深さに比して25%であり、図4で示されるバンドギャップ不連続のスパイク高さが井戸のエネルギー深さに比して45%であったのと比べて大幅に低くなっている。またAlGaAs活性層14内の底部バンドレベルはきわめて平坦で、図4に示されるような不均一注入の問題はない。これら改善によって活性層に注入される電子電流密度は1.2kA/cm<sup>2</sup>となって図4の4.4倍まで増加し、レーザ発振が起こり得る値となっている。実際に共振器長400μmの素子の試作した結果によれば、発振に必要な印加電圧が2.4V程度、5mWの光出力を得るための電圧が2.5V程度と、印加電圧が大幅に低減し、顕著な改善効果が確認された。このバルク活性層は量子井戸効果が現れる0.01μm(10nm)以下の厚さとなると、従来例と同じように第1のp型クラッド層との界面で大きなバンドギャップ不連続が発生し、注入効率が低下する。また逆に0.1μmより厚くなると活性層中における光閉じ込め係数Γが大きくなりすぎて端面における信頼性上で許容され得る光パワー密度を超過し、長期的な駆動における端面劣化が発生し、信頼性上の問題があることが確認された。活性層厚は0.01μm以上、0.1μm以下とすることにより、良好な電流注入が行われ、かつ、高信頼性を有する二波長レーザが実現できる。

【0015】光ディスク用途の半導体レーザとして考える場合、発振波長も重要である。本実施例の構造において、CD-ROMの読み取用光源として780nm帯の波長を得るには、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Asで表される活性層のAl組成が0.1以上、0.2以下である必要がある。また、この時活性層の層厚が0.05μmを越えると、アスペクト比( $\theta_{\perp}/\theta_{\parallel}$ )が4以上となって、CD-ROM読み取の光ピックアップの光源として不適当になる。このため、活性層厚は0.05μm以下(0.01μmから0.05μmの範囲)であることが望ましい。つまり、アスペクト比が大きすぎると、光学系との結合効

(6)

9

率が低下して、光パワーのマージンがなくなる。本実施例におけるレーザでは、 $\theta_{\parallel}$ はおむね10度以下となっているため、 $\theta_{\perp}$ は40度以下が望ましい。 $\theta_{\perp}$ の大小は活性層での光閉じ込め係数の大小に対応し、活性層の膜厚が1  $\mu\text{m}$ 以下の領域では活性層の膜厚が厚いほど光閉じ込め係数が大きくなるため、アスペクト比を一定以下とするためには活性層膜厚が一定以下であることが望ましく、膜厚は0.05  $\mu\text{m}$ 以下であることが特に望ましい。次に、レーザ素子41の構造について説明する。波長650 nmのレーザ素子41は、n型GaAs基板10の上に、n型バッファ層21、n型InGaAlPクラッド層22、InGaAlP光ガイド層23、多重量子井戸活性層24、InGaAlP光ガイド層25、第1のp型InGaAlPクラッド層26、p型InGaPエッティングストップ層27、第2のp型InGaAlPクラッド層28、p型InGaP通電容易層29、n型電流阻止層31、p型GaAsコンタクト層32がこの順に積層され構成される。

【0016】活性層はアンドープで組成が概ねIn0.5Ga0.5Pとなる井戸層とアンドープのIn0.5(Ga0.5Al0.5)0.5Pのバリア層とで構成される多重量子井戸活性層24とし、その上下にバリア層と同じ組成のアンドープのIn0.5(Ga0.5Al0.5)0.5P光ガイド層23、25を設け、分離型閉じ込め(Separate Confinement Hetero-structure: SCH)構造とした。多重量子井戸構造により、2次元電子状態を作り出し、650 nm帯のレーザ動作を可能にしている。SCH構造によって活性層中を導波する光のパワー密度を低減して端面劣化による素子故障を防止する。さらに、井戸層はInの組成を0.5から若干小さくすることにより、GaAs基板に対して格子定数を大きくして、井戸層に圧縮歪を印加する。これによって活性層のエネルギーギャップとクラッド層のエネルギーギャップとの差をより広げることにより、電子電流、ホール電流が活性層を越えてクラッド層へ流入するいわゆるキャリアオーバーフローを低減するとともに、歪の印加によりレーザの微分利得を向上させて、発振しきい値を低減し、またスロープ効率を向上させて光ディスク用途の半導体レーザに要求される70°C以上の高温動作に耐えるレーザとすることができる。

【0017】両素子は分離溝36によって電気的に絶縁され、p型電極33、34に印加する電圧によってそれぞれ独立に駆動することができるようになっている。n側電極35は基板から共通にとることができる。以上の構造を有するウェハは、特願平10-181068によって開示された、MOCVD技術、フォトリソグラフィー技術、エッティング技術を用いて作成することができる。なお、分離溝の形成について特願平10-181068ではリアクティブイオンエッティング(RIE)を用いているが、分離溝の幅が数十  $\mu\text{m}$ 以上の比較的広いも

10

のであれば、通常のウェットエッティング技術を用いることも可能である。素子が形成されたウェハは所要の共振器長を幅とするバーとしてへき開により切出し、一括コーティングを行う。650 nmの素子と780 nmの素子それぞれに対するコーティングを別工程としないことにより、生産性に優れたコーティング方法となる。コーティングには、量産性に富むECRスパッタを用いることが望ましい。バーへき開端面のうちレーザ光を外部に射出する前端面側のコーティングは、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を膜材とし、波長650 nmと780 nmのほぼ中間となる波長である $\lambda = 715 \text{ nm}$ に対して光学膜厚が $\lambda/2$ あるいはその整数倍となるよう設定する。これによって反射率が約30%となる。このとき波長650 nmの素子、波長780 nmの素子ともに反射率が28%以上となる。これによって良好なパッシベーション膜として動作するとともに、しきい値、スロープ効率が適正な値となって、良好な高温動作が得られる。また、波長650 nmの素子と波長780 nmの素子のしきい値、スロープ効率などの特性がおおむね一致することができるので、光ピックアップを製造する際にそれぞれの駆動回路の規格、構成を同じものとすることが可能となり、顕著な省コスト効果がある。

【0018】後端面のコーティングは、波長650 nmの素子が光ディスク用途で要求される70°Cの高温動作を実現するために、この波長帯で反射率が60%以上となる必要がある。また前端面の反射膜と同様に780 nmの素子と650 nm帯の素子の特性を近いものとするため、波長650 nmと780 nmのほぼ中間となる波長715 nmで反射率が63%以上となるよう設計する。膜の構造としては、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>低屈折率膜とSi高屈折率膜を組合せた多層構造、あるいは、端面に接するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>低屈折率膜およびその上に繰り返し積層されたSiO<sub>2</sub>低屈折率膜、SiN高屈折率膜と組合せた多層構造、あるいはTiO<sub>2</sub>高屈折率膜とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>低屈折率膜とを組合せた多層構造などで実現できる。また各膜の光学的な膜厚は、波長650 nmと780 nmのほぼ中間となる波長 $\lambda = 715 \text{ nm}$ に対して $\lambda/4$ あるいはその奇数倍となるよう膜厚を少なくとも1層以上について設定することによって、再現性のよい成膜を行うことができる。これらコーティングによってケース温度70°C以上で波長650 nm、波長780 nmそれぞれにおいて5 mW以上の光出力が得られる二波長レーザを再現性よく作製することができた。

【0019】以上の構造と技術によって共振器長600  $\mu\text{m}$ として作製した二波長レーザの特性を図3に示す。しきい値I<sub>th</sub>、5 mW出力時の動作電流I<sub>op</sub>、動作電圧V<sub>op</sub>、モニタ電流I<sub>m</sub>、活性層に垂直な方向の拡がり角 $\theta_{\perp}$ 、水平な方向の拡がり角 $\theta_{\parallel}$ 、波長 $\lambda_{op}$ など、光ディスク用途として好適な特性が得られている。また、これら素子についてケース温度70°C、光出力5 mWの条

(7)

11

件で長期の高温動作試験を行い、数千時間以上の推定寿命を有し、信頼性上問題のないことが確認できた。次に、図4、図5を参照し本発明の第二の実施例を説明する。図4は、本発明の第二の実施例に関する発振波長780 nmと650 nmの二波長半導体レーザ素子の構造を示す、リッジストライプに対して垂直な断面図である。50が波長780 nmのレーザ素子、51が波長650 nmのレーザ素子で、同一のn型GaAs半導体基板10上に形成されている。レーザ素子50、51それぞれ、ともに第2のp型クラッド層59、28が、リッジと呼ばれる凸状ストライプに加工され、両脇をGaAs電流阻止層31で埋め込まれている。この構造により活性層に流れ込む電流が狭窄されて活性層内にストライプ状の利得分布が発生する。また、活性層55よりバンドギャップが小さいGaAs層31によって、リッジ両脇下の活性層中を導波する光のうち第1のp型クラッド層57、26へしみだした部分が吸収されることによって、リッジ両脇下の活性層55、24に部分的な光損失が生じ、横モードが単一となる、擬似的な屈折率導波構造となる。電流狭窄と横モードの單一性によって活性層方向の拡がり角 $\theta_{\perp}$ と水平方向の拡がり角 $\theta_{\parallel}$ の比であるアスペクト比が4以下と小さく抑えられ、また室温で数mWの光出力が得られる電流が数十mAと小さくなり、擬似的な屈折導波構造によってレーザ光の非点収差が10  $\mu$ m程度と小さくなり、CD-ROM、DVD-ROM用光ピックアップ光源に適するレーザが得られる。

【0020】詳細には、波長780 nmのレーザ素子50は、n型GaAs基板10の上に、n型バッファ層52、n型InGaAlPクラッド層53、バンドギャップ不連続緩和層54、AlGaAs活性層55、バンドギャップ不連続緩和層56、第1のp型InGaAlPクラッド層57、p型InGaPエッティングストップ層58、第2のp型InGaAlPクラッド層59、p型InGaP通電容易層60、n型電流阻止層31、p型GaAsコンタクト層32がこの順に積層され構成される。n型クラッド層53は組成をIn0.5(Ga0.3Al0.7)0.5Pとし、層厚は約1  $\mu$ m、シリコンをドーパントとしてドーピング濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上となるようにしている。また、第1のp型クラッド層57および第2のp型クラッド層59は、In0.5(Ga0.3A10.7)0.5Pの組成とし、総層厚がn型クラッド層53とほぼ同じとし、出力されるレーザ光の上下方向の光強度分布が軸対称となり、光軸が活性層面と平行となるようにしている。ドーパントは亜鉛が用いられ、ドーピング濃度は約 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上となるようにした。また、マグネシウムやカーボンもドーパントとして用いることができる。

【0021】活性層55は層厚0.01  $\mu$ m以上0.1  $\mu$ m以下のAlGaAsのアンドープ層とし、いわゆ

10

20

30

40

50

12

るバルク構造と呼ばれる活性層とし、さらにこの活性層の上下両側にクラッド層よりバンドギャップが小さく、かつ活性層よりバンドギャップが大きい、InGaAlPあるいはInGaPからなるバンドギャップ不連続緩和層を設けたことが特徴となっている。この構造による電流注入効率の改善を図5によって説明する。図5は、上述の本発明の第二の実施例による各半導体層の組成、ドーピング濃度、層厚を考慮し、電極に順方向の電圧2.5Vを印加した場合エネルギー・バンドダイアグラム、フェルミ・レベル・ダイアグラム、および電子電流密度の分布をシミュレーションし、n型クラッド層53からp型第2クラッド層59まで積層方向に沿ってプロットしたものである。n型クラッド層は、In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5PとしてAl1組成を0.7とし、ドーピング濃度は $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚は約1  $\mu$ m、活性層55は層厚0.04  $\mu$ m、組成Al0.15Ga0.85Asのアンドープ層とした。活性層の上下両側に設けたバンドギャップ不連続緩和層54、56はそれぞれ層厚5nm、組成In0.5(Ga0.5Al0.5)0.5Pのアンドープ層とする。p型クラッド層57、59はエッティングストップ層58を挟んで二つあるが、いずれも組成はn型クラッド層72と同一で、ドーピング濃度は $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とし、総層厚がn型クラッド層と同一になるよう設定している。共振器長は600  $\mu$ mとした。

【0022】図5で示されるn型クラッド層53とAlGaAs活性層55との間に生じているバンドギャップ不連続のスパイク高さは活性層の深さに比して17%であり、図2で示されるスパイクの高さは活性層の深さに比して25%であり30%ほど相対的に高さが低くなっている。この改善によって活性層に注入される電子電流密度は $1.6 \text{ kA/cm}^2$ となって図2の場合に比べ約40%増加し、より注入効率が高くなることにより、いっそうの動作電流と動作電圧の低減がはかる。このバンドギャップ不連続緩和層を挿入すると、活性層近傍の光閉じ込めが増加するため、出力されるレーザ光における活性層垂直方向の拡がり角 $\theta_{\perp}$ が増加する。たとえば、上記の場合の拡がり角の増加は0.6度程度であり、問題はない。しかしながら、先に述べたように、 $\theta_{\perp}$ が大きくなりすぎてアスペクト比が大きくなりすぎると、光ディスク用途の光源としては不適当となるため、緩和層の厚さは10 nm以下であることが望ましい。一方、この膜厚が1 nm以下となると、再現性のよいバンドギャップ不連続低減が望めなくなる。このことから、緩和層の厚さは1 nm以上、10 nm以下であることが望ましい。この緩和層はクラッド層、活性層のいずれとも組成が異なっており、MOCVD結晶成長装置によっては配管系の制約から作製が難しい場合もあるが、特性の改善度合いと装置管理の再現性の勘案によって採用の可否が決まる。

【0023】活性層については第一の実施例と同様であ

(8)

13

る。すなわち、量子井戸効果が現れる  $0.01 \mu\text{m}$  ( $10 \text{ nm}$ ) 以下の厚さとなると、従来例と同じように第一の p型クラッド層との界面で大きなバンドギャップ不連続が発生し、注入効率が低下する。また逆に  $0.1 \mu\text{m}$  より厚くなると活性層中における光閉じ込め係数  $\Gamma$  が大きくなりすぎて端面における信頼性上許容される光のパワー密度を超過して、長期的な駆動における端面劣化が発生し、信頼性上の問題があることが確認された。活性層厚は  $0.01 \mu\text{m}$  以上、 $0.1 \mu\text{m}$  以下とすることにより、良好な電流注入が行われ、かつ、高信頼性を有する二波長レーザが実現できる。光ディスク用途の半導体レーザとして考える場合、発振波長も重要である。CD-ROMの読取用光源として  $780 \text{ nm}$  帯の波長を得るには、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  で表される活性層の Al 組成が  $0.1$  以上、 $0.2$  以下である必要がある。また、この時活性層の層厚が  $0.05 \mu\text{m}$  を越えると、活性層に垂直な方向の拡がり角  $\theta_{\perp}$  は  $40$  度を越えてしまい、活性層の水平方向の拡がり角  $\theta_{\parallel}$  との比であるアスペクト比が  $4$  を越え、CD-ROMなど光ディスク読取用の光ピックアップの光源として不適当になる。このため、活性層厚は  $0.05 \mu\text{m}$  以下であることがより望ましい。

【0024】次に、レーザ素子 51 の構造について説明する。波長  $650 \text{ nm}$  のレーザ素子 51 は、上述の第一の実施例と同様な構造であり、n型 GaAs 基板 10 の上に、n型バッファ層 21、n型 InGaAlP 第 1 クラッド層 22、InGaAlP 光ガイド層 23、多重量子井戸活性層 24、InGaAlP 光ガイド層 25、第 1 の p型 InGaAlP クラッド層 26、p型 InGaP エッチングストップ層 27、第 2 の p型 InGaAlP クラッド層 28、p型 InGaP 通電容易層 29、n型電流阻止層 31、p型 GaAs コンタクト層 32 がこの順に積層され構成される。活性層はアンドープで組成がおおむね  $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$  となる井戸層とアンドープの  $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}\text{P}$  のバリア層とで構成される多重量子井戸活性層 24 とし、その上下にバリア層と同じ組成のアンドープの  $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}\text{P}$  光ガイド層 23、25 を設け、分離型閉じ込め構造である。両素子は分離溝 36 によって電気的に絶縁され、p型電極 33、34 に印加する電圧によってそれぞれ独立に駆動することができるようになっている。n側電極 35 は基板から共通にとることができる。

【0025】以上の構造を有するウェハは、特願平 10-181068 によって開示された、MOCVD 技術、フォトリソグラフィー技術、エッチング技術を用いて作製することができる。なお、分離溝の形成についてはリアクティブイオンエッチング (RIE) を用いているが、分離溝の幅が数十  $\mu\text{m}$  以上の比較的広いものであれば、通常のウェットエッチング技術を用いることも可能である。レーザ素子が形成されたウェハは所要の共振器長を幅とするバーとしてへき開により切出し、一括コ-

14

ティングを行う。端面のコーティングに関しては、第一の実施例において記載したものと同様の構造が適用できる。すなわち、レーザ光を外部に出射する前面側のコーティングは、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  を膜材とし、波長  $650 \text{ nm}$  と  $780 \text{ nm}$  のほぼ中間となる波長  $\lambda = 715 \text{ nm}$  に対して光学膜厚が  $1/2$  あるいはその整数倍となるよう設定する。これによって反射率が約  $30\%$  となる。後端面のコーティングは、波長  $650 \text{ nm}$  と  $780 \text{ nm}$  のほぼ中間となる波長  $715 \text{ nm}$  で反射率が  $63\%$  以上となるよう設計する。膜の構造としては、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  低屈折率膜と Si 高屈折率膜を組合せた多層構造、あるいは、端面に接する  $\text{Al}_2\text{O}_3$  低屈折率膜およびその上に繰り返し積層された  $\text{SiO}_2$  低屈折率膜、 $\text{SiN}$  高屈折率膜とを組合せた多層構造、他に  $\text{TiO}_2$  高屈折率膜と  $\text{Al}_2\text{O}_3$  低屈折率膜とを組合せた多層構造などで実現できる。各膜の光学的な膜厚は、波長  $650 \text{ nm}$  と  $780 \text{ nm}$  のほぼ中間となる波長  $\lambda = 715 \text{ nm}$  に対して  $1/4$  あるいはその奇数倍となるよう膜厚を少なくとも 1 層以上について設定することによって、再現性のよい成膜を行うことができる。これらコーティングによってケース温度  $70^\circ\text{C}$  以上で波長  $650 \text{ nm}$ 、波長  $780 \text{ nm}$  それぞれにおいて  $5 \text{ mW}$  以上の光出力が得られる二波長レーザを再現性よく作製することができた。

【0026】図 6、図 7 は本発明の第三の実施例を示すもので、本願を TAPS (TAPERed Stripe) と呼ばれる利得導波型構造に本願を適用したもので、図 6 は半導体レーザ装置チップの断面図、図 7 半導体レーザ装置チップの上面図を示すものである。n-GaAs 結晶基板 224 の上に波長  $780 \text{ nm}$  のレーザ素子 200、波長  $650 \text{ nm}$  のレーザ素子 201 が形成されている。結晶基板 224 上には、レーザ素子 200、201 に対応して n型バッファ層 211、221 が形成され、それらの上には、お互いに同一の組成を有する n型 InGaAlP クラッド層 212、222 が形成されている。n型 InGaAlP クラッド層 212、222 の上には、それぞれ層厚  $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$  の AlGaAs バルク活性層 214、ガイド層 223、225 にはさまれた  $650 \text{ nm}$  の MQW 活性層 224 が形成されている。これら層の上に、お互いに共通の元素で構成される p型 InGaAlP クラッド層 216、226、p型 GaAs コンタクト層 232 が形成されている。このような構造とすることにより、前述の第一の実施例同様に、動作電圧および動作電流も小さく、かつ生産性に優れた多波長のレーザ光を出力する半導体レーザ装置が実現できる。さらに、波長  $780 \text{ nm}$  レーザ素子における活性層の層厚を  $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$  にすることにより良好な電流注入が行なわれ、かつ高い信頼性を有する二波長レーザが実現できる。

【0027】本実施例の構造において、CD-ROM の読取用光源として  $780 \text{ nm}$  帯の波長を得るには、Al

(9)

15

$x$  Ga<sub>1-x</sub> As で表される活性層の Al 組成が 0.1 以上、0.2 以下である必要がある。また、この時活性層の層厚が 0.05 μm を越えると、アスペクト比 ( $\theta_{\perp} / \theta_{\parallel}$ ) が 4 以上となる。このため、活性層厚は 0.05 μm 以下 (0.01 μm から 0.05 μm の範囲) であることが更に望ましい。また、n 型クラッド層 212 と n 型クラッド層 222 を共通の元素で構成し、p 型クラッド層 216 と p 型クラッド層 226 を共通の元素で構成することにより、MOCVD 方法で結晶成長を行う場合、共通のプロセスガス組成、成長条件を使用することが可能となる。そして、それぞれ別の元素で構成されるクラッド層、たとえば波長 780 nm レーザ素子のクラッド層を AlGaAs 層で、波長 680 nm 素子のクラッド層を InGaAlP で構成した場合に比べると条件の再現性が格段に高く、量産に適した構造となる。結晶基板 224 の裏面には n 側電極 225 が形成されている。また、p 型コンタクト層 232 の上には、p 側オーミック電極 235 が形成されている。さらにそれについてストライプ状のメタルマスク 236、237 を形成している。このメタルマスクは、図 7 に示すように、チップ中央におけるストライプ幅 w2、w4 に比べ、チップ端面における幅 w1、w3 が狭いテーパ状の形状となっている。このメタルマスクを使用してイオン注入を行って、ストライプ外を活性層 214、224 の直上まで半絶縁化する。これによって、電流阻止領域 232 が形成される。この電流阻止領域によって、チップに電圧を印加した場合の注入電流の電流流線は、チップ中央部で幅が広く、端面近傍で幅が狭くなる。チップ中央で幅が広いことにより利得導波型レーザに特有な現象である光の等位相面の曲がりがいくぶん緩和され、単峰性の横モードが得られる。また、端面近傍で幅を狭くすることにより、 $\theta_{\parallel}$  を広げてアスペクト比を通常の利得導波型レーザより改善できる。

【0028】このような TAPS 構造は縦多モード発振であるため、高周波重畠を行わなくとも、光ディスクからの戻り光が存在しても、ある一定レベルの雑音レベルを維持することができる。この雑音レベルは SBR 構造レーザにおいて高周波重畠を加えた場合に比べると劣るが、一般の DVD-ROM ほど雑音特性の規格が厳しくない特殊用途の光ディスクでは問題ない。また、非点収差が 20~30 μm と SBR 構造のレーザよりも劣るが、ガラスキャップを斜めにすることにより、ある程度は解決可能である。このように TAPS 構造はいくつかの欠点はあるものの、構造が単純で比較的安価に製造できることから、低価格性を最優先した二波長光ディスクシステムには適した構造といえる。図 8 は本発明の第四の実施例に係わる半導体レーザ装置の断面図である。本実施例における半導体レーザ装置は、図 6 に示した第三の実施例の構造とほぼ同じ構造である。結晶基板 224 上には、レーザ素子 300、301 に対応して n 型バッ

(10)

16

ファ層 311、321 が形成され、それらの上には、お互いに同一の組成を有する n 型 InGaAlP クラッド層 312、322 が形成されている。n 型 InGaAlP クラッド層 312、322 の上には、それぞれ層厚 0.01~0.1 μm の AlGaAs バルク活性層 314、ガイド層 323、325 にはさまれた 650 nm の MQW 活性層 324 が形成されている。これら層の上に、お互いに共通の元素で構成される p 型 InGaAlP クラッド層 316、326、p 型 GaAs コンタクト層 332 が形成されている。本実施例では、更に、波長 780 nm のレーザ素子 300 における活性層 314 の上下両側に InGaAlP のバンドギャップ不連続緩和層 313、315 を挿入したもので、より低い動作電圧が得られる構造である。

【0029】

【発明の効果】本発明により、単一横モードで、非点収差が小さく、動作電圧および動作電流も小さく、かつ生産性に優れた多波長のレーザ光を出力する半導体レーザ装置が実現できる。また、CD-ROM と DVD-ROM など異なる波長を使用する光ディスクドライブ用光源として好適な半導体レーザ装置が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第一の実施例の半導体レーザ装置における、リッジストライプに対して垂直な断面図である。

【図 2】本発明の第一の実施例の半導体レーザ装置について、バンドダイアグラムと電子電流密度分布をシミュレーションした結果を示す説明図である。

【図 3】本発明の第一の実施例の半導体レーザ装置における、各特性を示す説明図である。

【図 4】本発明の第二の実施例の半導体レーザ装置における、リッジストライプに対して垂直な断面図である。

【図 5】本発明の第二の実施例の半導体レーザ装置について、バンドダイアグラムと電子電流密度分布をシミュレーションした結果を示す説明図である。

【図 6】本発明の第三の実施例に係わる半導体レーザ装置の断面図である。

【図 7】本発明の第三の実施例に係わる半導体レーザ装置の上面図である。

【図 8】本発明の第四の実施例に係わる半導体レーザ装置の断面図である。

【図 9】従来の DVD システムの光ピックアップとして提案されているものの典型的な構成を表す説明図である。

【図 10】関連技術による二波長半導体レーザ装置の、リッジストライプに対して垂直な断面図である。

【図 11】関連技術による二波長半導体レーザ装置について、バンドダイアグラムと電子電流密度分布をシミュレーションした結果を示す説明図である。

【符号の説明】

50 10 n 型 GaA

(10)

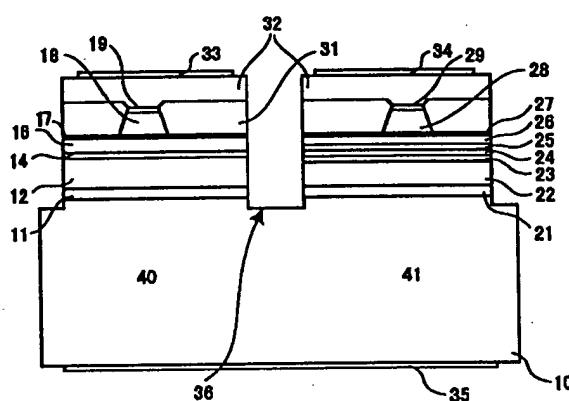
17

s 基板  
 1 1 n型バッファ層  
 1 2 n型クラッド層  
 1 4 活性層  
 1 6 第1のp型クラッド層  
 1 7 p型エッチングストップ層  
 1 8 第2のp型クラッド層  
 1 9 p型通電容易層  
 2 1 n型バッファ層  
 2 2 n型クラッド層  
 2 3 光ガイド層

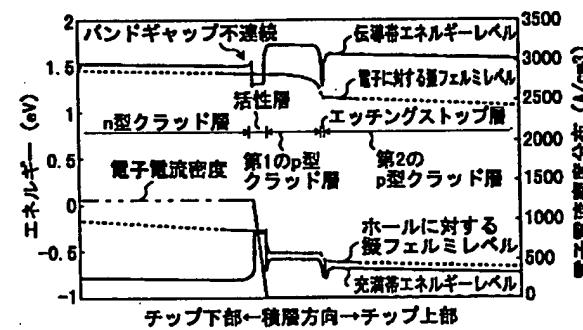
18

2 4 活性層  
 2 5 光ガイド層  
 2 6 第1のp型クラッド層  
 2 7 p型エッチングストップ層  
 2 8 第2のp型クラッド層  
 2 9 p型通電容易層  
 3 1 n型電流阻止層  
 3 2 p型コンタクト層  
 4 0 波長780nmのレーザ素子  
 10 4 1 波長650nmのレーザ素子

【図1】

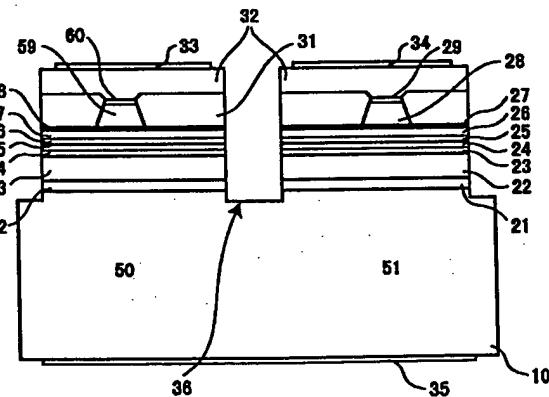


【図2】



【図4】

10 n型GaAs基板  
 11 n型バッファ層  
 12 n型クラッド層  
 14 活性層  
 16 第1のp型クラッド層  
 17 p型エッチングストップ層  
 18 第2のp型クラッド層  
 19 p型通電容易層  
 21 n型バッファ層  
 22 n型クラッド層  
 23 光ガイド層  
 24 活性層  
 25 光ガイド層  
 26 第1のp型クラッド層  
 27 p型エッチングストップ層  
 28 第2のp型クラッド層  
 29 p型通電容易層  
 31 n型電流阻止層  
 32 p型コンタクト層  
 40 波長780nmのレーザ素子  
 41 波長650nmのレーザ素子



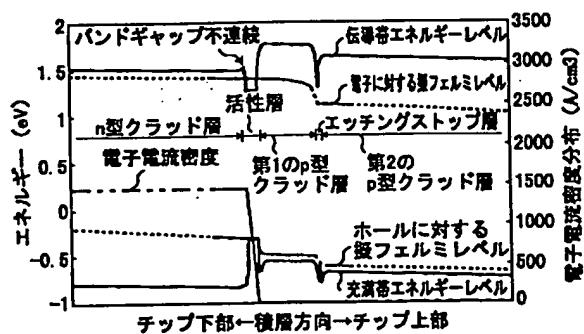
【図3】

本発明による二波長レーザの特性例（数十個以上の平均値）

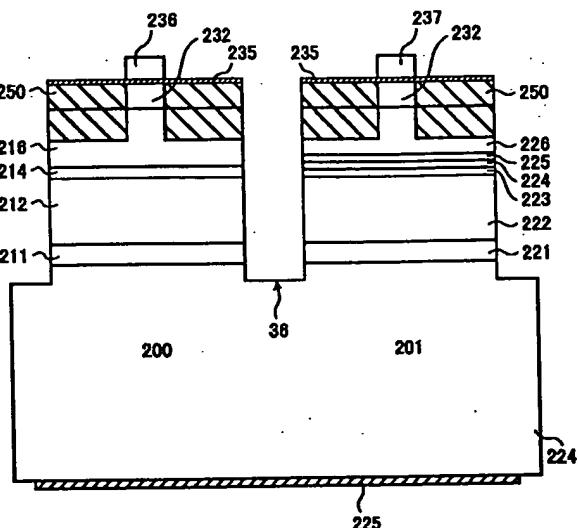
	I <sub>th</sub> (mA)	I <sub>op</sub> (mA)	V <sub>op</sub> (V)	I <sub>m</sub> (mA)	θ <sub>u</sub> (度)	θ <sub>ff</sub> (度)	λ <sub>p</sub> (nm)
650nm素子	42	50.8	2.22	0.16	7.7	25	657
780nm素子	38	51.3	2.13	0.17	9.2	31	789

(11)

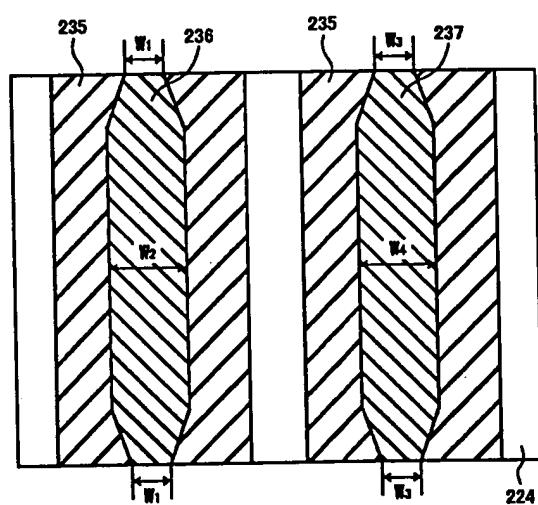
【図5】



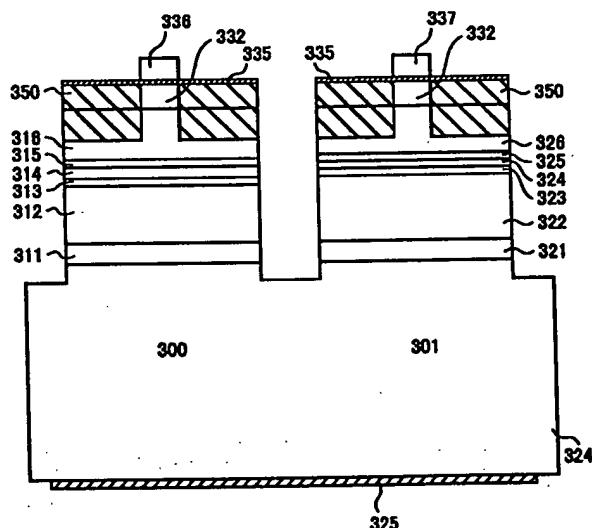
【図6】



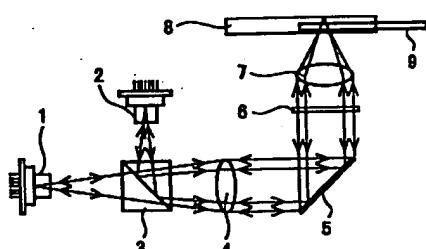
【図7】



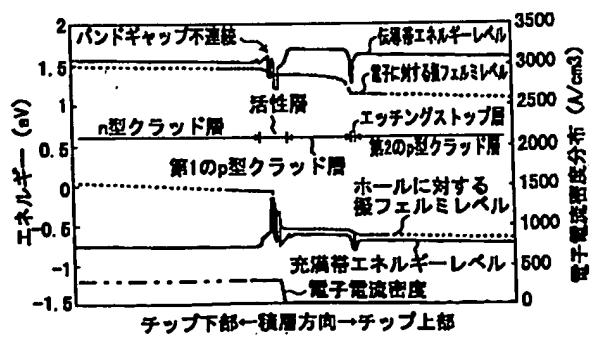
【図8】



【図9】

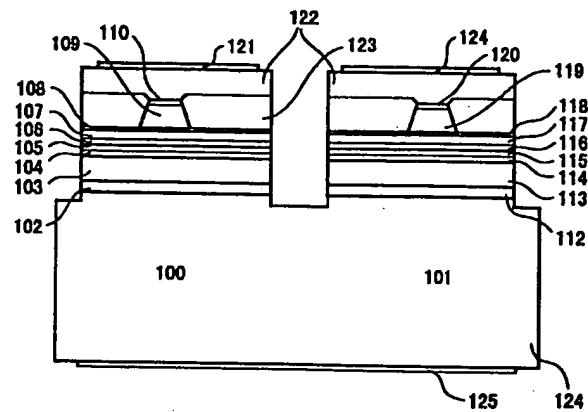


【図11】



(12)

【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 田中 明  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン  
ター内

Fターム(参考) 5F073 AA07 AA13 AA74 AA83 AB06  
BA05 CA05 CA14